

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Návrh technologie výroby částí podvozku přívěsu  
nákladního automobilu

Production Technology Proposal of Platform Trailer

Student: Lichovník Jiří

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Jiří Lichovník**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

Návrh technologie výroby částí podvozku přívěsu nákladního  
automobilu  
Production Technology Proposal of Platform Trailer

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky.
2. Možnosti obrábění laserem.
3. Vytipování součástí pro výrobu.
4. Návrh technologie výroby.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

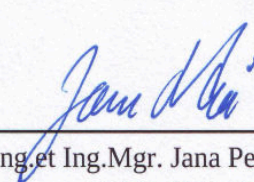
- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, Karol; HAVRILA, Michal; MARCINCIN-NOVÁK, Jozef; MÁDL, Jan; ZAJAC, Jozef. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

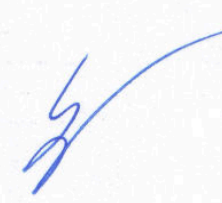
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013

  
Ing. et Ing. Mgr. Jana Petru, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 17.5.2013



Jiří Lichovník

### Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 17.5.2013



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jiří Lichovník

Adresa trvalého pobytu autora práce: Březová 137, 747 44 Březová

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

LICHOVNÍK, J. *Návrh technologie výroby částí podvozku přívěsu nákladního automobilu.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2013, 50 s. Vedoucí práce: Čep, R.

Bakalářská práce pojednává o návrhu technologie výroby částí přívěsu. V úvodu jsou srovnány různé možnosti laserové technologie a jejího použití. Pro vybrané díly byly zvoleny optimální technologie výroby včetně doporučení vhodných strojů a nástrojů. Následně byl zpracován technologický postup uzpůsobený pro předem vybrané technologie výroby. V závěru byla provedena analýza výrobních nákladů pro výrobu dané části přívěsu.

## **ANNOTATION BACHELOR THESIS**

Lichovník, J. *The proposal technology chassis parts trailer truck.* Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Machining and Assembly, 2013, 50 p. Supervisor: Čep, R

Bachelor thesis deals with the technology of trailer chassis production. In the introduction were compared possibilities of laser technology and their use. Optimal production technologies with recommendation of suitable machines and tools were selected. Subsequently was prepared technological process adjusted for beforehand selected production technologies. Last part is focused on production expenses analysis for selected trailer chassis parts.

## Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů .....	8
1 Úvod do problematiky .....	10
2 Možnosti obrábění laserem .....	12
2.1 Historie laseru .....	12
2.2 Laser .....	12
2.3 Princip a specifika laseru .....	13
2.3.1 Princip laseru .....	13
2.3.2 Specifika laseru .....	13
2.4 Laserová technologie .....	14
2.5 Metody obrábění laserem .....	15
2.6 Vrtání laserem .....	16
2.7 Řezání laserem .....	17
2.8 Soustružení laserem .....	19
2.9 Možnosti pálení laserového centra[4] .....	19
2.10 Technické údaje AMADA laser FO 3015 NT [5] .....	20
3 Vytipování součástí pro výrobu .....	21
3.1 Podélník levý a pravý .....	21
3.2 Přední deska .....	21
3.3 Tažné zařízení pro oj .....	21
3.4 Podpurná noha pro přívěs .....	22
3.5 Držák na odrazky a světla .....	23
3.6 Držák E-Rad .....	24
3.7 Vazba k přichycení tažného zařízení .....	24
3.8 Vyztužení podélníku .....	25
3.9 Dorazové komponenty .....	26
3.10 Nosič kontejnerů .....	26
4 Stroje a pracoviště .....	27
4.1 Laser .....	27
4.2 Frézka .....	27
4.3 Pásová pila .....	28
4.4 Stojanová jednovřetenová vrtačka .....	28
4.5 Ohraňovací lis CNC .....	29
4.6 Svařovací parametry .....	29
ÚPRAVA SVAROVÝCH PLOCH [12] .....	29

PŘÍDAVNÝ MATERIÁL [10] .....	29
SVAŘOVACÍ PARAMETRY [10] .....	30
5    Návrh technologie výroby .....	31
5.1    Pásová pila .....	31
5.2    Stojanová jednovřetenová vrtačka .....	32
5.3    Univerzální frézka .....	33
5.4    Laser .....	33
5.5    Ohraňovací lis CNC .....	36
5.6    Svařovna .....	38
5.7    Zámečnický .....	42
5.8    Kontrola .....	42
5.9    Expedice .....	43
6    Technicko-ekonomické zhodnocení .....	44
6.1    Laserová technologie .....	44
6.2    Ohraňovací lis CNC .....	44
6.3    Svařovací technika .....	45
6.4    Výrobní cena 1 ks části přívěsu .....	45
7    Závěr .....	47
8    Seznam použitých zdrojů .....	48
9    Seznam příloh .....	50

## Seznam použitých zkratk a symbolů

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
R <sub>m</sub>	[MPa]	pevnost v tahu
R <sub>e</sub>	[MPa]	mez kluzu
A <sub>5</sub>	[%]	tažnost
R <sub>a</sub>	[μm]	střední aritmetická odchylka drsnosti
n	[min <sup>-1</sup> ]	počet otáček
v <sub>c</sub>	[m*min <sup>-1</sup> ]	řezná rychlost
f <sub>z</sub>	[mm]	posuv na zub
v <sub>f</sub>	[m*min <sup>-1</sup> ]	posuvová rychlost
f	[----]	koeficient tření
KV	[J/°C]	nárazová práce
t	[min]	čas
C <sub>m</sub>	[Kč/kg]	cena materiálu
m <sub>v</sub>	[kg]	hmotnost materiálu
t <sub>H</sub>	[hod]	celková doba na výrobu celé série
t <sub>nas</sub>	[hod]	čas na nastavení stroje
N <sub>Ms</sub>	[Kč]	náklady na materiál pro celou výrobní sérii
N	[ks]	velikost výrobní série
N <sub>t</sub>	[Kč]	náklady na materiál
t <sub>c</sub>	[hod]	celková doba výroby 1 kusu
N <sub>SC</sub>	[Kč]	náklady na provoz stroje
N <sub>A</sub>	[Kč]	celkové náklady na výrobu série



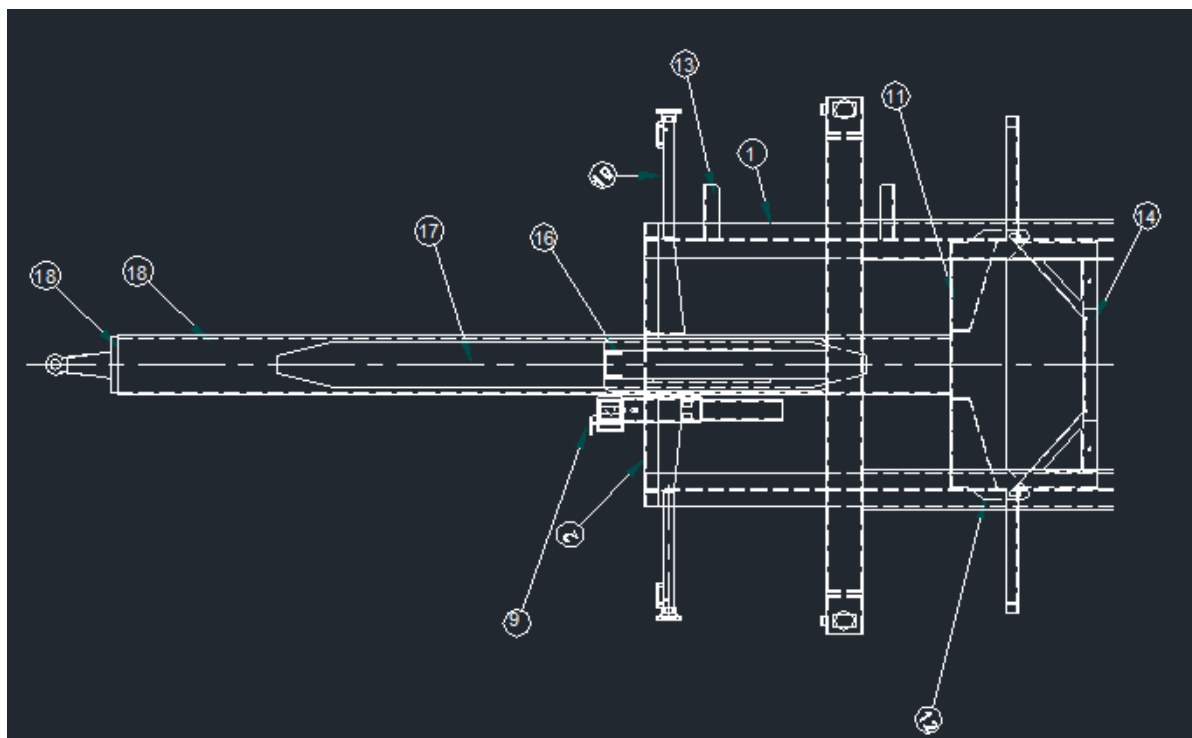
## Prvky periodické tabulky

C	uhlík
Mn	mangan
P	fosfor
N	dusík
S	síra
Cu	měď
Si	křemík
O <sub>2</sub>	dvouatomový kyslík
N <sub>2</sub>	dvouatomový dusík
Ar	argon
He	helium
H	vodík
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý

## 1 Úvod do problematiky

Hlavním cílem bakalářské práce bylo sestavení technologie výroby (postupu) částí podvozku pro přívěs nákladního automobilu. Přívěs se skládá z velmi mnoho částí. Pro tuto bakalářskou práci byla vybrána poměrně komplikovaná část přívěsu a to zejména na výrobu a následně i na práci.

Konkrétně se budeme věnovat částmi od ojnice po podélný profil na vyztužení a zpevnění podélníků.



Obr. 1. Sestava části podvozku

Čísla komponentů pro daný přívěs odpovídají seznamu příloh.

Stěžejním krokem je definovat si materiály, které se budou následně svařovat, obrábět, řezat laserem a ohýbat na lisu.

### **Materiál S 235 JR [8]**

Chemické složení:

EN označení	C [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	N [%]	Cu [%]
1.0037	Max 0,17	Max 1,40	Max 0,045	Max 0,045	Max 0,009	Max 0,60

Mechanické vlastnosti:

Rm [MPa]	Re [MPa]	A <sub>5</sub> [%]
360-510	235	27

### **Materiál S 355 MC [8]**

Chemické složení:

<b>EN označení</b>	<b>C [%]</b>	<b>Mn [%]</b>	<b>P [%]</b>	<b>S [%]</b>	<b>Si [%]</b>
1.0976	Max 0,12	Max 1,50	Max 0,025	Max 0,020	Max 0,50

Mechanické vlastnosti:

<b>Rm [MPa]</b>	<b>Re [MPa]</b>	<b>A<sub>5</sub> [%]</b>
430-550	315	23

### **Materiál QST 380 TM [9]**

Chemické složení:

<b>C [%]</b>	<b>Mn [%]</b>	<b>P [%]</b>	<b>S [%]</b>	<b>Si [%]</b>
Max 0,12	Max 1,60	Max 0,030	Max 0,030	Max 0,50

Mechanické vlastnosti:

<b>Rm [MPa]</b>	<b>A<sub>5</sub> [%]</b>
430-570	23

### **Materiál S 355 JO [8]**

Chemické složení:

<b>C [%]</b>	<b>Mn [%]</b>	<b>P [%]</b>	<b>S [%]</b>	<b>Si [%]</b>
Max 0,23	Max 1,70	Max 0,040	Max 0,040	Max 0,60

Mechanické vlastnosti:

<b>Rm [MPa]</b>	<b>A<sub>5</sub> [%]</b>	<b>Re [MPa]</b>
470-630	27	355

Na výrobu této části podvozku bude potřeba CNC laser, svářecí technika, stolní jednovřetenová vrtačka (popřípadě přenosná magnetická vrtačka), ohraňovací lis, frézka, bruska a pásová pila.

## **2 Možnosti obrábění laserem**

### **2.1 Historie laseru**

Termín „laser“ je akronym anglického termínu Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (zesílení světla pomocí vybuzené emise záření). Zesílení poskytuje lavinu fotonů v úzkém svazku. První projekt laseru navrhli v roce 1958 C. H. Towns a A. L. Shawlow. O dva roky později pak T. H. Maiman zkonstruoval a odzkoušel první laser. Postupně se realizovala další laserová zařízení na bázi plyných a pevných látek a kapalin. V roce 1961 pak pánové Javan, Bennet a Heriot otestovali plynový helio-neonový (He-Ne) laser. Téhož roku otestoval Spitzer první pevnolátkový laser na bázi neodým-sklo (Nd). V roce 1962 byl zkonstruován první polovodičový laser. O dva roky později se již testovaly argono-iontový laser a pevnolátkový neodýmový laser (Nd:YAG), respektive C. H. Patel experimentoval s plynovým CO<sub>2</sub> laserem, dnes nejpoužívanějším laserem v průmyslu. Pokusy s kapalinovými lasery jsou zmiňovány od počátku druhé poloviny 60. let minulého století. Poprvé byl laser použit v průmyslové praxi v roce 1966, a to pro obráběcí operace – vrtání otvorů do diamantových kalibrů, což je součást nástroje pro tažení drátů, ve firmě Western Electric v USA a šlo o rubínový laser. Od počátku 70. let pak nastal bouřlivý rozvoj laserových technologií a jejich rozsáhlé pronikání do výrobní praxe. Lasery se dnes používají např. pro nedestruktivní zkoušky materiálů, měření, v ITC (pro přenos a uchovávání dat), v medicíně (např. tzv. „humánní skalpely“), ale především při výrobě a zpracování v průmyslu – při řezání, vrtání, povrchových úpravách, při nanášení povlaků, legování, kalení, svařování. Lasery jsou vhodné pro zpracování kovů i jinak těžko obrobitelných (některých druhů oceli), ale také skla, kompozitů, keramiky, diamantů a plastů. [3]

### **2.2 Laser**

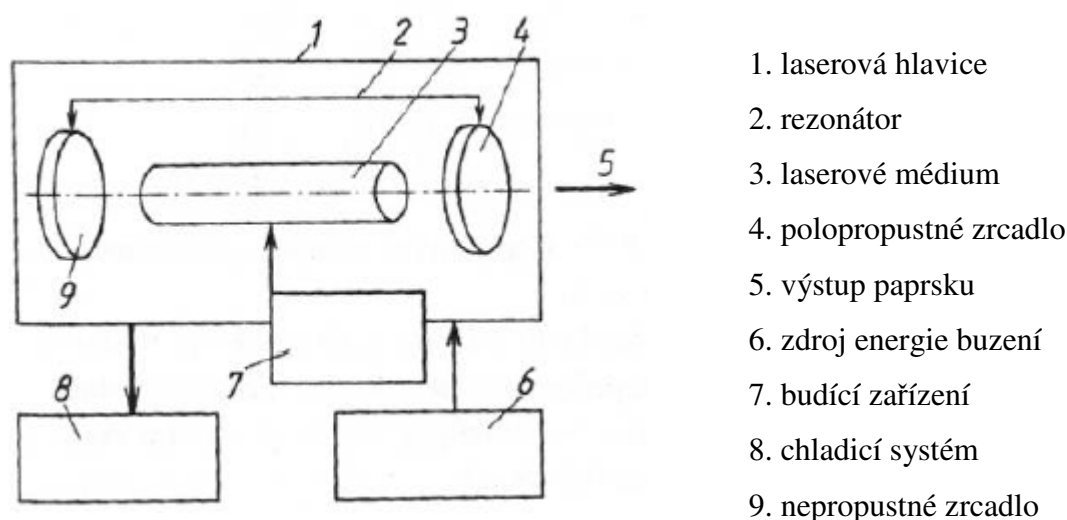
Obrábění a opracování materiálů laserem je založeno na přeměně světelné energie na energii tepelnou. Slovo LASER je složené z počátečních písmen anglického názvu popisujících jeho funkci: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, což by se dalo přeložit jako zesílení světla pomocí vynucené (stimulované) emise záření. [1] Světlo je z laseru vyzařováno ve formě úzkého svazku, na rozdíl od světla přirozených zdrojů, je koherentní a monochromatické, z toho tedy vyplývá, že laser je optický zdroj emitující fotony v koherentní paprsek. [2] Působením vnějšího podnětu se vybuzený atom vrací do základního stavu, přičemž emituje nový kvant se stejnou frekvencí, jakou měl předcházející kvant. Jedná se o stimulovanou (vynucenou) emisi záření. V závislosti na tom, jaký je rozdíl

obou stavů, vzniká ultrafialové, infračervené anebo viditelné světelné záření. Zesílené záření je podstatou laseru. [3] [15]

## 2.3 Princip a specifika laseru

### 2.3.1 Princip laseru

Laser pracuje na principu indukované emise, tzv. vynuceného záření. Indukovaná emise je vyvolána dopadem záření na atom prvku, kdy záření donutí elektron obíhající kolem jádra přijmout energii a tím vystoupat na vyšší oběžnou dráhu. Další příjem energie a rovnováha sil přinutí elektron vrátit se na svoji původní oběžnou dráhu a vyzářit přijatou energii do prostoru. Vzniklé záření je monochromatické a koherentní. [1] [15]



Obr. 2. Schéma zařízení pro obrábění laserem [1]

### 2.3.2 Specifika laseru

Možnosti a přednosti laseru:

- Tepelnou energii lze soustředit na velmi malé plochy bez použití mechanické síly, což umožňuje zpracovávat i velmi křehké materiály bez fyzického namáhání.
- Laserem lze opracovávat i místa, jež jsou jinými nástroji nedostupná. Pro přenos laserového svazku paprsků do těžko přístupných míst (záhyby obrobků apod.) se dá použít zrcadel nebo optických kabelů.
- Průměr ohniska laserového svazku se může pomocí vhodné optiky měnit v širokém rozsahu, což umožňuje variovat, ovládat výkonovou hustotu paprsku.
- Použití fokusovaného laserového paprsku umožňuje vytvářet mimořádně úzkou řeznou šterbinu, výsledkem je pak úspora materiálu, redukce eventuálního poškození obrobku, např. nežádoucí ovlivnění okolního materiálu v blízkosti působení paprsku.
- Laserový paprsek lze zapínat a vypínat s vysokými rychlostmi a s vysokou přesností.

- Řezný účinek laserového svazku je v rovině kolmé k ose svazku izotropní, tím je umožněno řezání všemi směry a také změna směru řezu a libovolný úhel řezání.
- Ve většině případů se dá paprsek vpravit („zapíchnout“) do materiálu, což umožňuje, aby se řezání paprskem započalo bez předvrtání.
- Paprsek je chemicky čistý, což umožňuje obrábění bez znečišťování materiálu. [3]

## 2.4 Laserová technologie

Laserové technologie v obrábění je možno členit do dvou skupin. První je tzv. Laser Machining (LM), což je alternativa k tradičnímu obrábění, a používá se k řezání, vrtání různých materiálů. Druhá skupina, LAM – Laser Assisted Machining, je alternativa k procesu řezání a broušení tvrdých kalených materiálů a keramiky. Zde laserový paprsek slouží k ohřevu povrchu obrobků a jejich následnému řezání anebo broušení ve svého druhu plastickém stavu. Při této technologii není materiál natavený: laseru se používá jako intenzivního tepelného zdroje ke změně deformačního chování materiálu a k jeho přeměně z křehkého na tvárný materiál. [15]

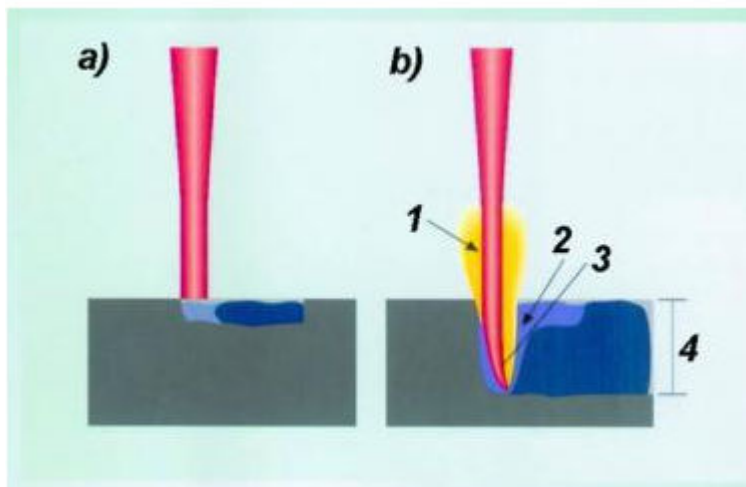
Laserové obrábění je odstraňování materiálu z obrobku postupným působením paprsku a proudu plynu, obvykle kyslíku ( $O_2$ ), dusíku ( $N_2$ ), stlačeného vzduchu, argonu (Ar) anebo helia (He). Hlavní mechanismus úběru materiálu se skládá z erozivního působení vysoce energeticky účinných částic fotonů na povrch materiálů, lokálního natavení povrchu v místě, kde má být proveden řez, vrtání apod., a z odstranění taveniny odpařením anebo pomocí přídavného stlačeného plynu, který svým tlakem odstraňuje (de facto vyfoukává) natavené částice materiálů z řezné zóny. [15]

Řez vzniká v tavenině stříhem, resp. smykem, díky působení tlaku přídavného plynu, který je veden koaxiálně s laserovým paprskem. I když většina taveniny je vytlačována ze zářezu (řezné štěrbině), kvalita povrchu závisí na povrchovém napětí materiálu. Laser je pro řezání vybaven tzv. řeznou hlavou, která chrání optiku zařízení před poškozením a zároveň přivádí pomocný plyn do řezné zóny. [3] [15]

Volba přídavného plynu závisí na tom, z jakého materiálu je obrobek. Pro kovy a uhlíkové ocele se používá kyslík, zatímco vzduch a inertní plyny se zužitkovávají pro nekovové materiály a plasty (plexisklo, polypropylen apod.). Používá se též dusík, a to zejména pro obrábění nekovových materiálů, jako jsou PVC, textil apod. Tento prvek chrání řezné plochy před spálením a vznícením. [3] [15]

## 2.5 Metody obrábění laserem

Svařovat materiály laserem můžeme vedením tepla nebo hloubkovým svařováním.



Obr. 3. Způsoby svařování materiálů [4]

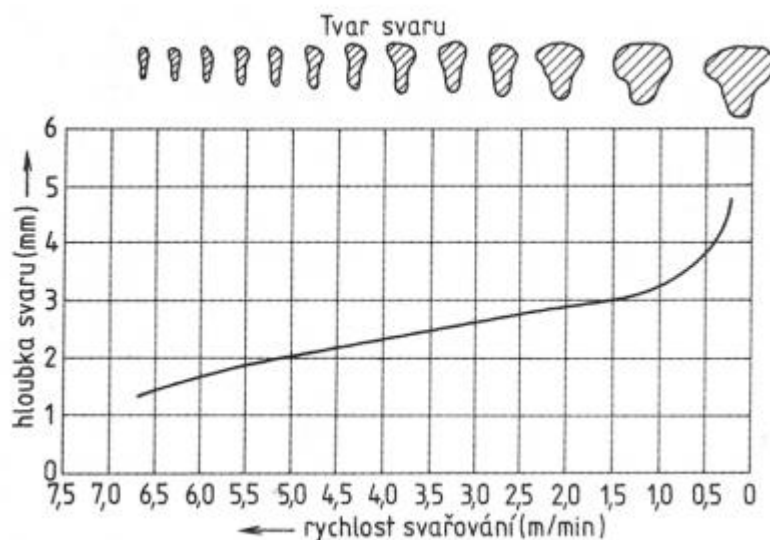
1 – plazma, 2 – tavenina, 3 – „klíčová díрка“, 4 – penetrační hloubka

Hloubkové svařování: při překročení určité intenzity přívodu tepla pronikne paprsek hluboko do materiálu, ten se roztaví a částečně odpaří, svary jsou úzké a hluboké.

Svařování laserem má řadu výhod, které nelze dosáhnout žádnou jinou technikou. Výhody svařování laserem oproti dosud používané metodě MIG lze shrnout do následujících bodů:

- vysoká rychlost svařování,
- malé tepelné ovlivnění místa svaru,
- malé délkové deformace svařence,
- možnost provedení svaru i při přístupu pouze z jedné strany,
- malé nároky na jakost povrchu,
- vysoká pevnost svaru.

Ke svařování se používají Nd:YAG, CO<sub>2</sub> i diodové lasery. Svařování vyžaduje menší intenzitu záření optického svazku a větší délku laserového pulzu. Nepoužívá se žádný přídavný materiál a lze svařovat všechny materiály svařitelné konvenčními metodami, včetně titanu, niobu, hliníku, zlata apod. [4] [15]



Obr. 4. Závislost hloubky svaru na rychlosti svařování – výkon laseru 1500 W [4]

## 2.6 Vrtání laserem

Vrtání laserem je založeno na odstraňování materiálu odpařováním. Proto tento účel se používá pulzních laserů s délkou pulzu menší než 1 ms. Pro vrtání laserem platí: čím je díra delší, tím více se odchyluje tvar díry od geometrie paprsku. Samotné zkrácení doby pulzu však nestačí, neboť se na stěnách vyvrtané díry tvoří 0,1 mm tlustá vrstva odtaveného materiálu. Zlepšit odstraňování odtaveného materiálu lze použitím vhodné metody vrtání. Vrtání laserem je možné jednotlivými pulzy, opakovanými pulzy, vyřezáváním díry atd.

Předností laserového vrtání je vytváření malých otvorů i v místech, kde je to pomocí jiných metod obtížné nebo nemožné. Díry mohou být kruhové i tvarové. Vrtat lze kovy, plasty, textilie, dřevo, sklo, keramiku a jiné přírodní materiály. Tato technologie se používá pro vrtání kamenů do hodinek, filtrů, vstřikovacích trysek, lopatek proudových motorů apod. [15] [4]

Pro vrtání se používají:

- CO<sub>2</sub> lasery – vyřezávání (kruhových i tvarových) otvorů; nejmenší průměr vyřezávaného otvoru je 5 mm, nejmenší průměr vrtané díry je 0,2 mm,
- Nd:YAG lasery – vrtání děr o menším průměru; nejmenší průměr vrtané díry je 0,025 mm,
- excimerové lasery – vrtání děr do keramiky.

Pro vrtání děr se používají především Nd:YAG lasery o výstupním výkonu 100 až 500 W. Doba vrtání závisí na výstupním výkonu laseru a na tloušťce vrtaného materiálu. [4]





Obr. 5. Pracovní prostor během vrtání [4]



Obr. 6. Příklad výrobku [4]

## 2.7 Řezání laserem

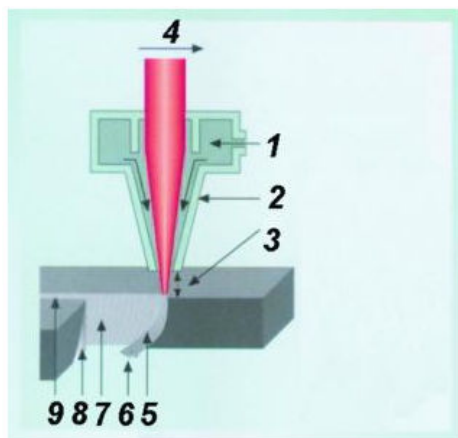
Nejpoužívanější lasery v této oblasti jsou kontinuální CO<sub>2</sub> lasery, kterými je možné řezat konstrukční ocele, korozivzdorné ocele a slitiny hliníku. Pro přesnější řezy s menší šířkou řezné spáry se používají Nd:YAG lasery, kterými lze řezat konstrukční ocele, korozivzdorné ocele a slitiny hliníku.

Řezání může být:

- sublimační – materiál je odstraňován převážně odpařováním v důsledku vysoké intenzity záření laseru v místě řezu,
- tavné – materiál je v místě řezu působením paprsku laseru roztaven a asistentním plynem odfukován. Tímto způsobem jsou řezány nekovové materiály, jako jsou keramika, plasty, dřevo, textilní materiály, papír a sklo,
- pálením – paprsek laseru ohřeje materiál na zápalnou teplotu tak, že pak může s přiváděným reaktivním plynem (např. kyslíkem) shořet v exotermické reakci, vzniklá struska je z místa řezu odstraňována asistentním plynem. Tímto způsobem lze řezat např. titan, ocele s nízkým obsahem uhlíku a korozivzdorné ocele [4] [15]

Mezi základní charakteristiky procesu řezání laserem patří:

- rychlost řezání – závisí na způsobu řezání, výstupním výkonu paprsku laseru, požadované kvalitě řezu, tloušťce a druhu řezaného materiálu,
- kvalita řezu – hodnotí se podle jakosti řezané plochy (dosahuje se Ra 3,6 až 12)
- šířka řezné spáry – je dána druhem laseru, druhem a tloušťkou řezaného materiálu (bývá 0,02 až 0,2 mm).



- 1 – asistentní plyn
- 2 – řezací tryska
- 3 – pracovní vzdálenost trysky
- 4 – rychlost
- 5 – tavenina
- 6 – odtavený materiál
- 7 – stopy po paprsku laseru
- 8 – tepelně ovlivněná oblast
- 9 – šířka řezu

Obr. 7. Princip řezání laserem [4]

Výhody řezání laserem:

- malá šířka řezu
- malá velikost tepelně ovlivněné oblasti
- žádné opotřebení nástroje
- čisté řezy
- možnost řezání složitých tvarů
- hospodárnost i při malých výrobních sériích [4] [15]

Nevýhody řezání laserem:

- vysoké investiční a provozní náklady
- omezení tloušťky materiálu
- nutné přesné řízení vzdálenosti k povrchu obrobku
- omezení stability paprsku u řezání konstrukční oceli s normálním obsahem Si a P
- snížení stability procesu u řezání lesklých povrchů
- menší účinnost
- omezení šířky a délky materiálu [1] [15]



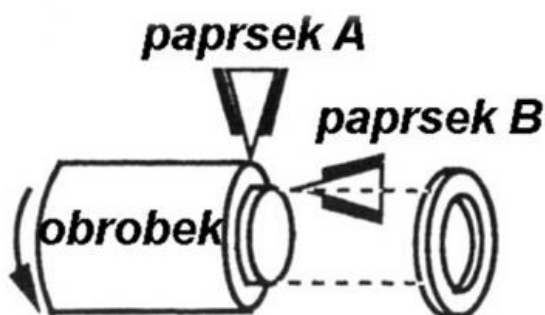
Obr. 8. Pracovní prostředí laseru při řezání [4]

## 2.8 Soustružení laserem

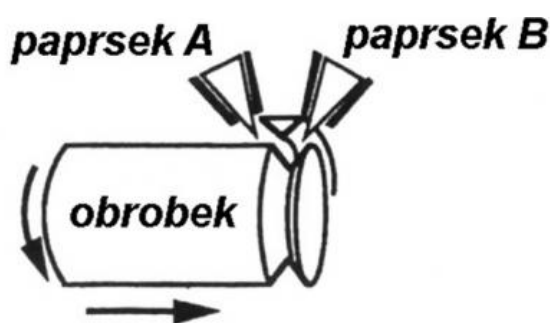
Pro soustružení obrobků s využitím laseru se používají tři metody:

- obrábění s předehevem – vychází se z poznatku, že s rostoucí teplotou obráběného materiálu se mění jeho mechanické vlastnosti (snižuje se pevnost a tvrdost, a tím se zlepšuje obrobiteľnosť). Princip metody spočívá v nasměrování paprsku laseru na obráběnou plochu obrobku bezprostředně před břit řezného nástroje,
- odtavování materiálu z povrchu obrobku – je založeno na intenzivním přívodu tepla na povrch obrobku, který se otáčí proti paprsku laseru. Působením tepla se materiál odtavuje a pomocí asistentního plynu je roztavený materiál odstraňován z místa obrábění,
- odřezávání materiálu dvěma různoběžnými paprsky laseru – dva nezávislé paprsky laseru jsou vzájemně skloněny pod určitým úhlem.

Pro soustružení se používají CO<sub>2</sub> i Nd:YAG lasery o výstupním výkonu 500 až 2 500 W, resp. 100 až 500 W. [4]



Obr. 9. Prstencový úběr materiálu [4]



Obr. 10. Šroubovitý úběr materiálu [4]

## 2.9 Možnosti pálení laserového centra[4]

Fe plech	tl. 0,5 ÷ 25 mm
NiCr plech	tl. 0,5 ÷ 15 mm
Hliník, dural	tl. 0,5 ÷ 12 mm
Mosaz, titan	tl. 0,5 ÷ 8 mm
Formát plechu	3 000 × 1 500 mm
Přesnost	IT 11 (0,1 mm)
Přesnost detekce	0,5 mm

[4]

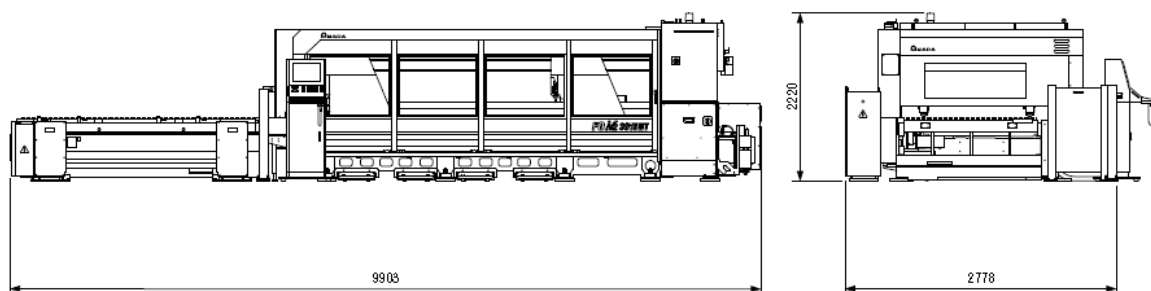
## 2.10 Technické údaje AMADA laser FO 3015 NT [5]

### Technická data

Maximální oblast řezu	(X) 3070 x (Y) 1550 mm
Pojezd osy řezací hlavy	(Z) 200 mm
Zatížení stolu	900 kg
Polohovací rychlost X/Y/Z	80/80/60 m/min
Polohování souběžně	113 m/min
Přesnost polohování	$\pm 0.1$ mm
Opakovatelnost	$\pm 0.01$ mm [5]

### Laser

Typ rezonátoru	AF 4000i-B
Max. kontinuální výkon laseru	4000 W
Max. výkon ve špičce	5000 W
Spotřeba plynu	10 l/h
Laserový zdroj	CO <sub>2</sub> laser (AC HF plný-rychle tekoucí)
Frekvence	5 – 2.000 Hz
Vlnová délka laseru	10.6 $\mu$ m
Rozdílnost paprsku	< 2 mrad [5]



Obr. 11. Rozměr a složení laseru [5]

### 3 Vytipování součástí pro výrobu

#### 3.1 Podélník levý a pravý

Hlavními a nejdůležitějšími součástmi na celém podvozku přívěsu je podélník levý a podélník pravý. Podélník pravý a podélník levý se skládají z pěti součástí, které pak po svaření vytváří nosník podvozku. Na tyto podélníky pak navařujeme další součásti.

##### Výpis součástí

Název	Rozměr	Materiál
Horní zadní plocháč	150x10x578	S 355 J0
Horní střední plocháč	180x10x5691	S 355 J0
Horní přední plocháč	150x10x742	S 355 J0
Deska	5x220x7657	S 355 J0
Dolní plocháč	150x10x7657	S 355 J0

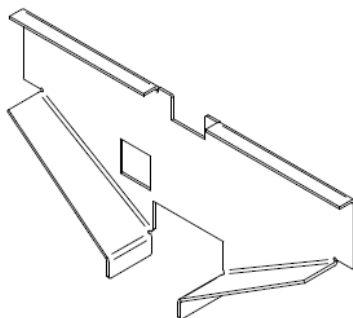
Výkres: příloha č. 1

#### 3.2 Přední deska

Přední deska slouží k spojení podélníku levého a pravého na správný rozměr. Také slouží k spojení dalších součástí, dle výkresu sestavy, díky jeho výřezům, které se vyhotovily pomocí laseru.

Název	Rozměr	Materiál
Přední deska	10x916x2076	S 355 MC

Výkres: příloha č. 2



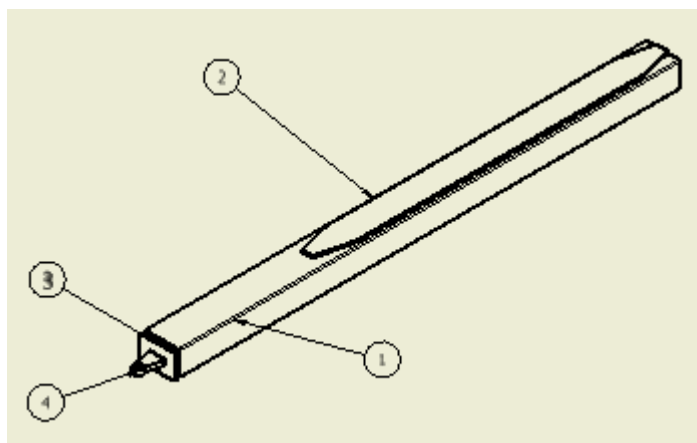
Obr. 12. Přední deska

#### 3.3 Tažné zařízení pro oj

Tažné zařízení slouží ke spojení přívěsu k nákladnímu automobilu. Je vyztuženo dvěma podélníkovými profily, aby se kvůli těžkému nákladu nezohnula jeho vazba. Tažné zařízení je složeno ze čtyř komponentů. Některé z těchto komponentů se kupují přímo na zakázku.

Výkresy příloh: sestava č. 19, podélník na obd. profilu č. 17, obd. profil a držák tažného zařízení č. 18.

Název	Rozměr	Materiál	Pozice
Tažné zařízení	Dodáno objednavatelem		4
Držák tažného zařízení	260x180x30	S 355 J0	3
Obdélníkový profil	260x180x10x3670	S 355 J0	1
Podélník na obd. profilu	200x15x2600	S 355 J0	2



Obr. 13. Schéma tažného zařízení

### 3.4 Podpurná noha pro přívěs

Podpurná noha je důležitým faktorem pro přívěs, skládá se ze tří součástí. Každá součást byla už složena z dalších menších součástí a ty pak složeny do jedné součásti. Noha je uchycena k přední desce a k tažnému zařízení. Je umístěna na takovém místě, aby se k ní dalo dobře dostat, když bude na přívěsu náklad. Celková sestava v příloze č. 9.

#### Číslo sestavy 1

Název	Rozměr	Materiál
Rukojeť	6x45x210	QST 380 TM
čep	30x120	S 235 JR

Výkres: příloha č. 3

#### Číslo sestavy 2

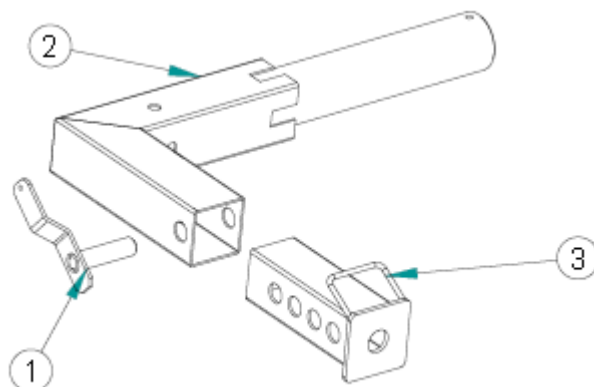
Název	Rozměr	Materiál
Trubka	95/8x450	S 235 JR
Jekl s výřezy	100x3,6x410	S 235 JR
Jekl na kliku	100x3,6x360	S 235 JR

Výkresy příloh: sestava č. 4, trubka č. 5, jekl s výřezy č. 6, jekl na kliku č. 7

### Číslo sestavy 3

Název	Rozměr	Materiál	Číslo sestavy	Pořadí
Čtvercový jekl	90x5x270	S 235 JR	1	1
Podstavec	8x120x120	S 355 MC	1	2
Úchyt		S 235 JR	1	3

Výkres: příloha č. 8

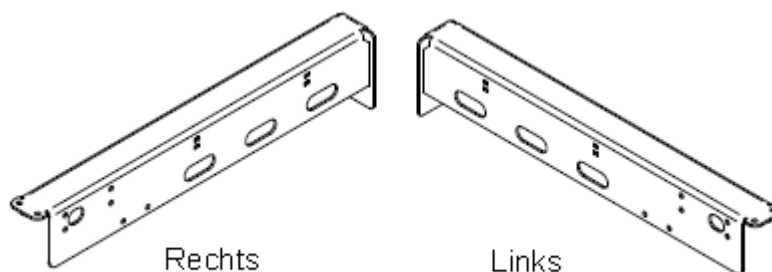


Obr. 14. Schéma sestavy nohy

### 3.5 Držák na odrazky a světla

Tato deska neboli U profil slouží k připevnění odrazek a světel, bez čehož bychom se nemohli na silnici obejít. Výkres: příloha č. 10.

Název	Rozměr	Materiál
Držák	3x149x654	S 355 MC

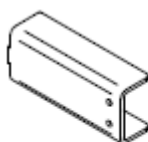


Obr. 15. Držák na odrazky a světla

### 3.6 Držák E-Rad

Držák slouží k připevnění kabelů a různých doplňků. Výkres: příloha č. 13.

Název	Rozměr	Materiál
Držák E-Rad	6x207x244	S 355 MC



Links



Rechts

Obr. 16. Držák E-Rad

### 3.7 Vazba k přichycení tažného zařízení

Tahle deska slouží jako doraz pro tažné zařízení a k upevnění jeho samotného. Z technologického hlediska je to uděláno tak, aby byla větší pevnost a stabilita přívěsu. Vazba je složena ze dvou součástí, druhá součást je přidána spíše kvůli aerodynamice přívěsu a zpevnění vazby.

#### Vazba

Název	Rozměr	Materiál
Vazba	8x700x1185	S 355 MC

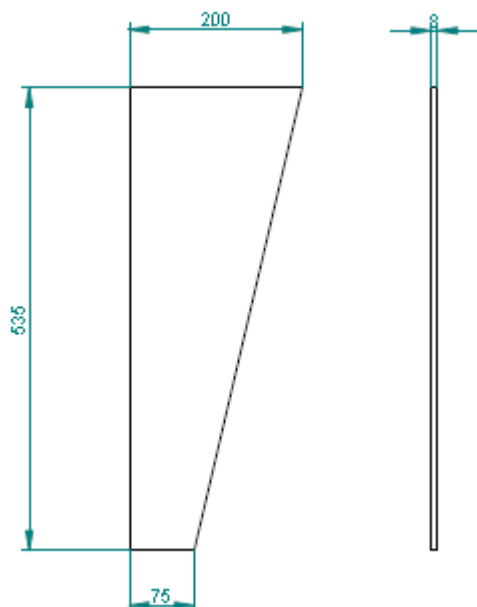
Výkres: příloha č. 11.

#### Profil k zpevnění vazby

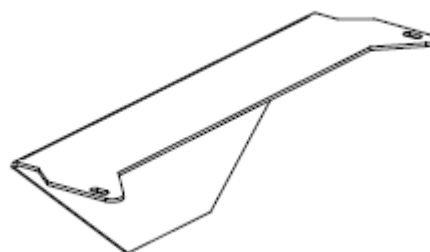
Název	Rozměr	Materiál
Zpevnění vazby	8x200x535	S 355 MC

Výkres: příloha č. 12.





Obr. 17. Profil k zpevnění vazby



Obr. 18. Vazba

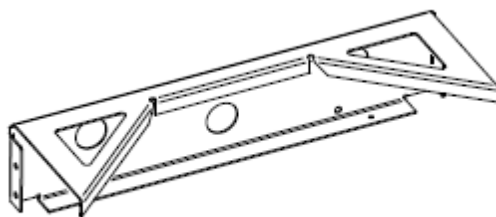
### 3.8 Vyztužení podélníku

K vyztužení podélníku slouží vyztužovací profil, který má funkci vyztužení a zároveň napomáhá k přesnému rozměru mezi oběma podélníky. Profil je složen ze dvou kusů, a to z podélného profilu, který určuje rozměr mezi podélníky a slouží k vyztužení, druhý kus pak slouží k vyztužení podélného profilu.

#### Podélný profil

Název	Rozměr	Materiál
1. Podélný profil	4x665x1200	S 355 MC

Výkres: příloha č. 14.

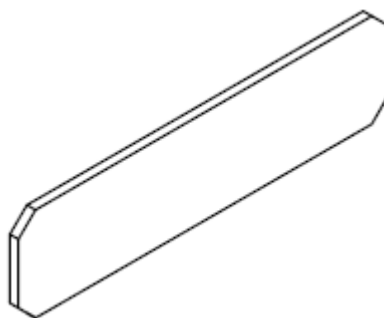


Obr. 19. Podélný profil

#### Příčný profil

Název	Rozměr	Materiál
Příčný profil	5x55x218	S 355 MC

Výkres: příloha č. 15.



Obr. 20. Příčný profil

### 3.9 Dorazové komponenty

#### 1. Komponenta na doraz

Název	Rozměr	Materiál
Doraz podélný	6x373x980	QST 380 TM

Výkres: příloha č. 16.

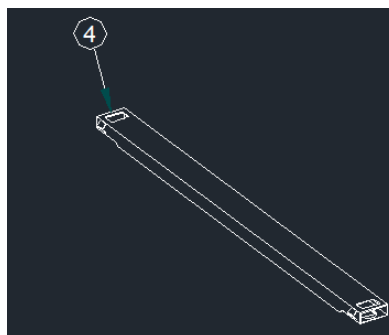
#### 2. Komponenta na doraz

Název	Rozměr	Materiál
Doraz příčný	6x227x500	QST 380 TM

Výkres: příloha č. 16.

### 3.10 Nosič kontejnerů

Tahle komponenta slouží k přichycení kontejnerů, navíc tuhle komponentu si objednavatel dodává sám.



Obr. 21. Nosič kontejnerů

## 4 Stroje a pracoviště

Důležitým faktorem před návrhem technologického postupu je návrh strojů a zařízení, které jsou potřeba pro výrobu určitých komponentů a součástí. Také je potřeba definovat pracoviště, na kterých výrobu budeme provádět. Také je třeba definovat otáčky a posuvy určitých zařízení.

### 4.1 Laser

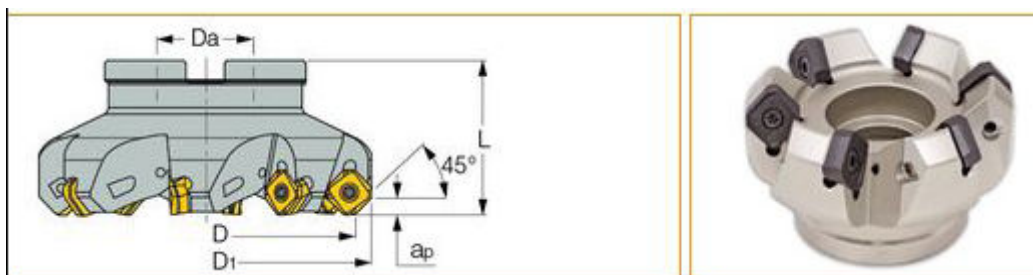
Laser je důležitým faktorem pro naši výrobu. V naší výrobě ho spíše budeme používat pro řezání plechů dle výkresů, vyřezávání děr a dalších komponentů na ohraňovací lisy a pro svařování.

Název stroje	Rychlost X/Y/Z	Laserový zdroj	Spotřeba plynu
AMADA FO 3015 NT [5]	80/80/60	CO <sub>2</sub>	10 l/h

### 4.2 Frézka

Název stroje	Průměr frézy	n [min <sup>-1</sup> ]	v <sub>c</sub> [m • min <sup>-1</sup> ]	f <sub>z</sub> [mm]
Universální konzolová frézka	63 mm	919	182	0,28

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 182}{\pi \cdot 63} = 919 \text{ ot/min}$$



Obr. 22. Návrh frézy [13]

Volím tenhle typ frézy, protože se s ní dají dobře srážet 45° hrany na přípravu svarové plochy. Tento typ frézy byl vybrán od společnosti ISCAR. [13]

### 4.3 Pásová pila

Název stroje	Rozměr pil. pásu	V <sub>c</sub> [m • min <sup>-1</sup> ]
Strojní pásová pila [14]	3490x27x0,9mm	Až 80 m/min



Obr. 23. Strojní pásová pila [14]

### 4.4 Stojanová jednovřetenová vrtačka

Název stroje	Průměr vrtáku	n [min <sup>-1</sup> ]	V <sub>c</sub> [m • min <sup>-1</sup> ]	V <sub>f</sub> [m • min <sup>-1</sup> ]
Stojanová jednovřetenová vrtačka	8 mm	550	13,8	55
	10,5 mm	400	13,2	40
	12 mm	350	13,1	35
	20 mm	235	14,76	23,5
	31 mm	150	14,6	15
	33 mm	90	9,33	9

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 550}{1000} = 13,8 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v_f = f \cdot n = 0,1 \cdot 550 = 55 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

f = koeficient tření, volil jsem ho 0,1, jelikož je použita emulze

## 4.5 Ohraňovací lis CNC

Název stroje	Typ stroje	Lisovací síla (kN)	Ohraňovací délka (mm)	Programovatelných os
Ohraňovací lis	HFE M2-50/20 [6]	500	2000	Až 7 os

Ohraňovací lis pracuje na principu ohýbačky, ale:

- vyznačuje se vyššími lisovacími silami a většími délkami lisovaných dílů,
- využívá se na náročnější ohyby, na které by ohýbačky již nestačily (kratší ohyby, silnější tloušťka materiálu, více ohybů za sebou...),
- je převážně poháněn hydraulicky. [7]



Obr. 24. Ohraňovací lis CNC [6]

## 4.6 Svařovací parametry

Přídavný materiál 121

ÚPRAVA SVAROVÝCH PLOCH [12]

Úprava svarových ploch:	Frézka, ruční bruska
Druh přípravy a čištění:	mechanicky
Poloha svařování:	PA (PB)

Hrany musí být zbaveny otřepů a měly by mít lehce sraženou hranu 1 mm.

PŘÍDAVNÝ MATERIÁL [10]

Volím pro technologii 121 drát pro svařování pod tavidlem **OK AUTROD 12.20** od firmy ESAB. [10] [11]

**OK AUTROD12.20** – poměděný drát určený pro svařování pod tavidlem a pro elektrostruskové svařování konstrukčních nelegovaných ocelí vyšší pevnosti, obvykle až do 580 MPa, dle kombinace s tavidlem. [10] [11]

**Ok Flux 10.71** – nejpoužívanější aglomerované bazické tavidlo s mírným legujícím účinkem manganu a křemíku. Je určeno převážně pro koutové svary a pro vícevrstvé tupé svary nelegovaných středně a vysoce pevných ocelí. Tavidlo je vhodné jak pro jednodrátovou, tak pro vícedrátovou technologii s použitím stejnosměrného i střídavého proudu. [10]

<b>Množství difusního vodíku:</b>	H = 5 ml/100g
<b>Max. proudová zátěž:</b>	až 1000 A pro jeden drát
<b>Doporučené napětí:</b>	26 – 36 V

CHEMICKÉ SLOŽENÍ ČISTÉHO SVAROVÉHO KOVU V KOMBINACI S TAVIDLEM OK FLUX 10.71  
[10]

<b>C (%)</b>	<b>Si (%)</b>	<b>Mn (%)</b>
0,05	0,50	1,40

MECHANICKÉ VLASTNOSTI ČISTÉHO SVAROVÉHO KOVU V KOMBINACI S TAVIDLEM OK FLUX 10.71 [10]

<b>Rm (MPa)</b>	<b>Re (MPa)</b>	<b>A<sub>5</sub> (%)</b>	<b>KV (J) / °C</b>
520	425	29	140 při +0 °C

SVAŘOVACÍ PARAMETRY [10]

Svařovací proud:	=(+) stejnosměrný proud
Průměr drátu:	3 mm
Proud:	<b>400 – 500 A</b>
Napětí:	<b>26 – 28 V</b>
Rychlost:	20 – 35 m/h

## 5 Návrh technologie výroby

### 5.1 Pásová pila

Na podélník levý a pravý si nařežeme plocháče z pásoviny.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
1.1	Řezat horní zadní plocháč L = 578 mm, příloha č. 1	Svinovací metr, škrabák, bruska	25 m/min		0,15
1.2	Řezat horní pření plocháč L = 742 mm, příloha č. 1		25 m/min		0,15
1.3	Řezat horní střední plocháč L = 5691 mm, příloha č. 1		25 m/min		0,15

Dále si nařežeme materiál na tažné zařízení.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
1.4	Řezat držák tažného zařízení 260x180mm, příloha č. 18	Svinovací metr, škrabák, bruska	25 m/min		1,0
1.5	Řezat obdélníkový profil L = 3670 mm, příloha č. 18		25 m/min		0,3
1.6	Řezat 2ks podélník na obd. profilu L = 2600 mm, příloha č. 17		25 m/min		0,3

Následně nařežeme držák.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
1.7	Řezat držák WZK levý L = 540 mm pod úhlem 60°, příloha č. 20	Svinovací metr, škrabák, bruska	25 m/min		0,15

1.8	Řezat držák WZK pravý L = 540 mm pod úhlem 60°, příloha č. 20		25 m/min		0,15
-----	---	--	----------	--	------

Budeme řezat komponenty na podpůrnou nohu.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
1.9	Řezat čtv. jechl L = 270 mm, příloha č. 8	Svinovací metr, škrabák, bruska	25 m/min		0,1
1.10	Řezat jechl na kliku L = 360 mm pod úhlem 45°, příloha č. 5		25 m/min		0,1
1.11	Řezat čtv. jechl s výřezy L = 410 mm pod úhlem 45°, příloha č. 6		25 m/min		0,2
1.12	Řezat trubku L = 450 mm, příloha č. 7		25 m/min		0,15
1.13	Řezat čep L = 120 mm, příloha č. 3		25 m/min		0,1

## 5.2 Stojanová jednovřetenová vrtačka

Vrtáme komponenty na podpůrnou nohu.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
2.1	Vrtat v ose trubku Ø12 mm, délka 12 mm od čela, příloha č. 7	škrabák, bruska, posuvné měřítka, rýsovací potřeby	13,1 m/min	350 min <sup>-1</sup>	0,25
2.2	Vrtat v ose jechl na kliku Ø33 mm v délce 30 mm od rovného čela, příloha č. 5		9,33 m/min	90 min <sup>-1</sup>	0,35
2.3	Vrtat v ose čtv. jechl 4x Ø33 mm v délce po 50 mm od		9,33 m/min	90 min <sup>-1</sup>	1,4

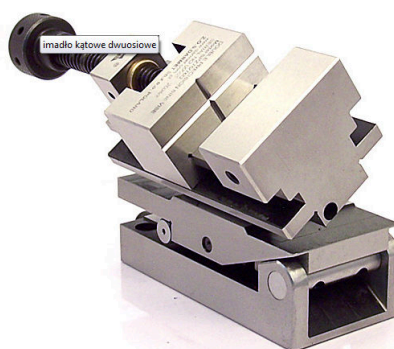


	čela, příloha č. 8				
2.4	Vrtat v ose čtvr. jekl s drážkami 4x Ø20 mm po 90° v délce 250 mm, příloha č. 6		14,76 m/min	235 min <sup>-1</sup>	1,0

### 5.3 Univerzální frézka

Budeme frézovat úkosity na podélníku, který bude vyztužovat obdélníkový profil na tažném zařízení.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
3.1	Upnout do úhlového dvouosého svěráku pod úhlem 13,5°	škrabák, fréza, posuvné měřítko, rýsovací potřeby			
3.2	Frézovat 2 ks a 4 úkosity do L = 60 mm frézou Ø 63 mm, příloha č. 17	škrabák, fréza, posuvné měřítko, rýsovací potřeby	182 m/min	919 min <sup>-1</sup>	2x45



Obr. 25. Úhlový dvouosý svěrák [16]

### 5.4 Laser

Laser nám poslouží k pálení velkých plechů i menších komponentů, které se následně budou ohýbat a dále svařovat. Díky počítačové podpoře pálíme plechy různých tvarů. Využijeme toho, že pálíme z 3mm plechu, tudíž vypálíme všechny komponenty, které jsou z 3mm plechu.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
4.1	Pálit držák na odrazky a světla pravý, příloha č. 10	škrabák, bruska, posuvné měřítko, svinovací metr			1,25
4.2	Pálit držák na odrazky a světla levý, příloha č. 10				1,25

Po dopálení komponentů vyměníme plech za 8mm a začneme vypalovat komponenty z 8mm plechu.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
4.3	Pálit podstavec 120x120 mm, příloha č. 8	škrabák, bruska, posuvné měřítko, svinovací metr			0,6
4.4	Pálit vazbu na zpevnění tažného zařízení, příloha č. 11				0,8
4.5	Pálit zpevnění vazby, příloha č. 12				0,3

Po dokončení pálení 8mm plechu, začneme pálit komponenty z 6mm plechu.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
4.6	Pálit rukojeť k podpůrné noze 45x210 mm, příloha č. 3	škrabák, bruska, posuvné měřítko, svinovací metr			0,1
4.7	Pálit 1. komponenta na doraz 227x500 mm, příloha č. 16				1,5
4.8	Pálit 2. komponenta na doraz 373x980 mm, příloha č. 16				2,0
4.9	Pálit držák E-Rad pravý 207x244 mm, příloha č. 13				0,7

4.10	Pálit držák E-Rad levý 207x244 mm, příloha č. 13				0,7
------	---	--	--	--	-----

Dále vyměníme plech za 10 mm a začneme pálit dolní podélník levý a pravý a přední desku. Podélník dolní se skládá z 3 částí, jelikož jejich rozměr je příliš velký, tudíž plech tak velkých rozměrů se nevejde do laserového centra.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
4.11	Pálit dolní plocháč pravý 3ks L = 2553,3 mm dle výkresu, příloha č. 1				3x4,64
4.12	Pálit dolní plocháč levý 3ks L = 2553,3 mm dle výkresu, příloha č. 1				3x4,64
4.13	Pálit přední desku, příloha č. 2				2,5

Vyměníme plech za 4mm.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
4.14	Pálit podélný profil na vyztužení a zpevnění podélníků 665x1200 mm, příloha č. 14	škrabák, bruska, posuvné měřítko, svinovací metr			3

Nakonec vyměníme plech za 5mm a vypálíme příčný profil na vyztužení podélného profilu, desku pravou i levou na podélníky. Deska bude taktéž pálena na tři části.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
4.15	Pálit příčný profil na vyztužení a zpevnění podélného profilu 55x218 mm, příloha č. 15	škrabák, bruska, posuvné měřítko, svinovací metr			0,5

4.16	Pálit desku pravou 3 ks L = 2553,3 mm dle výkresu, příloha č. 1				3x3,21
4.17	Pálit desku levou 3 ks L = 2553,3 mm dle výkresu, příloha č. 1				3x3,21

## 5.5 Ohraňovací lis CNC

Na ohraňovacích lisech si ohneme komponenty, které potřebujeme k sestavení přívěsu. Díky počítačové podpoře a přípravkům na ohyby jsou ohyby velmi přesné. Nejdříve si ohneme komponenty na přední nohu.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
5.1	Ohnout rukojeť na přední nohu, příloha č. 3	bruska, posuvné měřítko, svinovací metr, kalkulačka, úhloměr			0,2
5.2	Ohnout na přední nohu úchyt 108x84 mm, příloha č. 8				0,2

Dále si ohneme dorazové komponenty.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
5.3	Ohnout 1. dorazovou komponentu s přesností $0_{-2}$ mm, příloha č. 16	bruska, posuvné měřítko, svinovací metr, kalkulačka, úhloměr			0,4
5.4	Ohnout 2. dorazovou komponentu s přesností $2_0$ mm, příloha č. 16				0,8

Ohneme přední desku a následně vazbu na zpevnění a zajištění tažného zařízení.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
5.5	Ohnout přední desku, příloha č. 2	bruska, posuvné měřítka, svinovací metr, kalkulačka, úhloměr			1,0
5.6	Ohnout vazbu na zajištění a zpevnění tažného zařízení, příloha č. 11				0,2

Následně ohneme držáky na odrazky a světla a držáky E-Rad.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
5.7	Ohnout držák levý na odrazky a světla, příloha č. 10	bruska, posuvné měřítka, svinovací metr, kalkulačka, úhloměr			0,4
5.8	Ohnout držák pravý na odrazky světla, příloha č. 10				0,4
5.9	Ohnout držák E-Rad levý, příloha č. 13				0,4
5.10	Ohnout držák E-Rad pravý, příloha č. 13				0,4

Nakonec ohneme nejkomplicovanější součást na ohnutí. Ohýbáme podélný profil na vyztužení a zpevnění podélníků. Je třeba správně navolit postup otáčení plechu, abychom dosáhli správného tvaru.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
5.11	Ohnout podélný profil na zpevnění podélníků, příloha č. 14	bruska, posuvné měřítko, svinovací metr, kalkulačka, úhloměr			1,4

## 5.6 Svařovna

V první řadě svaříme komponenty na podélník levý a pravý. Svaříme dohromady desku, která byla pálena na tři části, abychom měli celistvou desku. Poté svaříme dohromady dolní podélník, který byl také pálen na tři části. Ten pak přivaříme k desce. Toto provedeme jak pro levý, tak i pro pravý podélník.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
6.1	Svařit desku levou L = 7660 mm, příloha č. 1	bruska, posuvné měřítko, svinovací metr, kalkulačka, svářečka			15
6.2	Svařit desku pravou L = 7660 mm, příloha č. 1				15
6.3	Svařit dolní levý plocháč L = 7660 mm, příloha č. 1				15
6.4	Svařit dolní pravý plocháč L = 7660 mm, příloha č. 1				15
6.5	Svařit k pravé desce pravý dolní plocháč po celé délce, příloha č. 1				15
6.6	Svařit k levé desce levý dolní plocháč po celé délce, příloha č. 1				15

Poté přivaříme horní přední plocháč, horní střední plocháč a nakonec horní zadní plocháč.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
6.7	Přivařit k levé desce horní zadní plocháč, příloha č. 1	bruska, posuvné měřítko, svinovací metr, kalkulačka, svářečka			5
6.8	Přivařit k levé desce horní střední desku, příloha č. 1				10
6.9	Přivařit k levé desce horní přední desku, příloha č. 1				5
6.10	Přivařit k pravé desce horní zadní plocháč, příloha č. 1				5
6.11	Přivařit k pravé desce horní střední desku, příloha č. 1				10
6.12	Přivařit k pravé desce horní přední desku, příloha č. 1				5

Dále si připravíme a přivaříme k sobě komponenty na tažné zařízení.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
6.13	Přivařit na čelo k obdélníkovému profilu držák tažného zařízení, příloha č. 19	bruska, posuvné měřítko, svinovací metr, kalkulačka, svářečka			5
6.14	Přivařit na čelní plochu držáku tažné zařízení, příloha č. 19				5
6.15	Přivařit na horní i spodní plochu obdélníkového profilu podélník na vyztužení, příloha č. 19				20

Dále si připravíme přední nohu.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
6.16	Svařit k sobě jekly, které mají sraženou 45° hranu, příloha č. 4	bruska, posuvné měřítko, svinovací metr, kalkulačka, svářečka			5
6.17	Přivařit trubku k jeklu do výřezů, příloha č. 4				5
6.18	Svařit rukojeť k čepu, příloha č. 3				2
6.19	Svařit k čtvercovému jeklu na čelo podstavec a na podstavec úchyt, příloha č. 8				5

Na připravený přípravek pro daný přívěs dáme podélníky, jak levý, tak i pravý, abychom mohli dále přivařovat dané komponenty a tím složit dohromady danou část přívěsu.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
6.20	Přivařit k dvěma podélníkům na jejich čelo přední desku, příloha č. 21	bruska, posuvné měřítko, svinovací metr, kalkulačka, svářečka			30
6.21	Přivařit vazbu na tažné zařízení L = 1350 mm od přední desky, příloha č. 21				15
6.22	Přivařit k vazbě na tažné zařízení zpevnění, příloha č. 21				15



Dále budeme přivařovat na přední desku předem přichystané sestavy svařenců.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
6.23	Přivařit k přední desce a na vazbu sestavu tažného zařízení, příloha č. 21	bruska, posuvné měřítko, svinovací metr, kalkulačka, svářečka			30
6.24	Přivařit do výřezů přední desky sestavu přední nohy, příloha č. 21				20
6.25	Přivařit na výřez přední desky dorazovou sestavu, příloha č. 21				15

Poté přivaříme podélný profil na zpevnění a vyztužení podélníků.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
6.26	Přivařit podélný profil L = 1648 mm od přední desky, příloha č. 21	bruska, posuvné měřítko, svinovací metr, kalkulačka, svářečka			45
6.27	Přivařit do podélného profilu do výřezů příčné profily, příloha č. 21				20

Nakonec na boky podélníků přivaříme držáky a na podélníky držák kontejnerů.

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
6.28	Přivařit držáky na odrazky a světla na podélník levý a pravý L = 265 mm od přední desky a 20 mm od dolního podélníku, příloha č. 21	bruska, posuvné měřítko, svinovací metr, kalkulačka, svářečka			15
6.29	Přivařit na levém boku levého				15

	podélníku držáky E-Rad L = 265 mm a L = 1105 mm od přední desky a 20 mm od spodního podélníku, příloha č. 21				
6.30	Přivařit na bok levého a pravého podélníku držáky WZK L = 1648 mm od přední desky a 140 mm od spodního podélníku, příloha č. 21				15
6.31	Přivařit nosič kontejnerů v délce 803 mm od přední desky, příloha č. 21				30

K tomuhle lze dodat, že tuhle část přívěsu svařují dva svářeči, kteří to stihnou za jednu směnu což je za 8 hodin. Do ekonomického zhodnocení se píše, že svařit tuhle část přívěsu stihnou za 16 hodin, jelikož se počítá jeden svářeč za 8 hodin plus druhý 8 hodin.

## 5.7 Zámečnick

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
7.1	Odstranit otřepy, obrousit svarové plochy, opravit svarovou plochu	bruska, posuvné měřítko, svinovací metr, svářečka			

## 5.8 Kontrola

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	Vc [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
8.1	Kontrola všech rozměrů dle výrobních výkresů součástí, kontrola svarových ploch	posuvné měřítko, svinovací metr, baterka			

## 5.9 Expedice

Op./ úsek	Popis práce	Pomůcky, měřidla, nástroj	$V_c$ [m • min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	t [min]
9.1	Hotový výrobek předat k expedici				

## 6 Technicko-ekonomické zhodnocení

### 6.1 Laserová technologie

Laserová technologie patří k velmi moderním a progresivním metodám obrábění. Je však velmi drahá a náročná na okolní podmínky. Strojírenská firma musí vzít v potaz velké pořizovací a provozní náklady. Při pořízení si firma musí být jista dostatečným množstvím zakázek k navrácení původních investičních nákladů. [15]

#### Náklady na provoz laseru [15]

##### 1) Fixní náklady

a) Kalkulované odpisy	753,72 Kč/h
b) Kalkulované úroky	36,68 Kč/h

##### 2) Variabilní náklady

a) Provozní náklady – řezný plyn CO <sub>2</sub>	628,9 Kč/h
b) Provozní náklady na vedení paprsku	33,2 Kč/h
c) Provozní náklady na laserové plyny	3,9 Kč/h
d) Náklady na údržbu	102,27 Kč/h
e) Náklady na elektřinu	216 Kč/h
f) Náklady na mzdu	325 Kč/h
<b>3) Hodinová sazba stroje</b>	<b>2100 Kč/h</b>

### 6.2 Ohraňovací lis CNC

Ohraňovací lis patří k velmi moderním metodám obrábění. Tato technologie obrábění je docela drahá. Firma musí vzít v potaz velké pořizovací náklady ať už na samotný stroj, tak na potřebné nástroje.

#### Náklady na provoz ohraňovacího lisu

##### 1) Fixní náklady

a) Kalkulované odpisy	628,32 Kč/h
b) Kalkulované úroky	32,25 Kč/h

##### 2) Variabilní náklady

a) Provozní náklady	253,97 Kč/h
b) Náklady na údržbu	145,46 Kč/h
c) Náklady na elektřinu	300 Kč/h
d) Náklady na mzdu	340 Kč/h
<b>3) Hodinová sazba stroje</b>	<b>1700 Kč/h</b>

Tato hodinová sazba stroje se může ještě změnit, protože firma si navíc účtuje 10 Kč za 1 metr ohybu do 5 mm tloušťky plechu. Nad 5 mm tloušťku plechu je to navíc 5 Kč.

### 6.3 Svařovací technika

V dnešní době je mnoho druhů svařování, např. elektrickým obloukem, plamenem, plazmou atd. V bakalářské práci a následně v technologickém postupu se zmiňuji o svařování pod tavidlem 121. Proto je pro firmu důležité si také definovat náklady na používání svařovací techniky.

#### Náklady na provoz svařovací techniky

##### 1) Variabilní náklady

a) Provozní náklady	148,26 Kč/h
b) Náklady na údržbu	66,36 Kč/h
c) Náklady na elektřinu	85,38 Kč/h
d) Náklady na mzdu	200 Kč/h

<b>2) Hodinová sazba svařovací techniky</b>	<b>500 Kč/h</b>
---	-----------------

### 6.4 Výrobní cena 1 ks části přívěsu

U kalkulace ceny vychází firma ze strojních časů, hmotnosti částí přívěsu a délky svařování. [15]

Cena materiálu	$C_M$ [Kč/kg]	45
Celková hmotnost části přívěsu	$m_v$ [kg]	978,6
Celková doba výroby 1 ks	$t_H$ [hod]	28
Čas na nastavení strojních zařízení	$t_{nas}$ [hod]	4
Náklady na provoz strojů a potřebné techniky	$N_{SH}$ [Kč/hod]	4560
Velikost výrobní série	$N$ [ks]	1

**Náklady na materiál  $N_t$  [Kč]**

$$N_t = C_M \cdot m_v = 45 \cdot 978,6 = 44\,037 \text{ Kč}$$

**Náklady na materiál pro celou výrobní sérii  $N_{SM}$  [Kč]**

$$N_{MS} = N_t \cdot N = 44\,037 \cdot 1 = 44\,037 \text{ Kč}$$

**Čas pro výrobu celé série  $t_C$  [hod]**

$$t_H = t_H \cdot N + t_{nas} = 28 \cdot 1 + 4 = 32 \text{ hod}$$

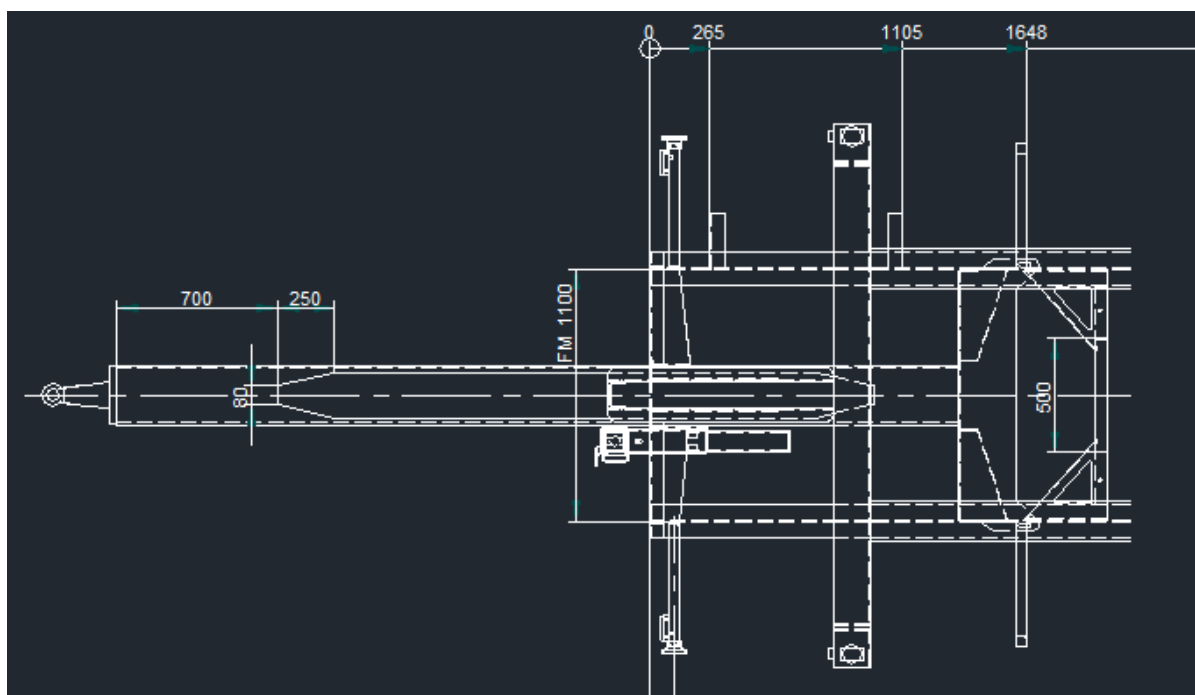
**Náklady na provoz strojů a potřebné techniky pro celou sérii  $N_{SC}$  [Kč]**

$$N_{SC} = N_{SH} \cdot t_H = 4\,560 \cdot 32 = 145\,920 \text{ Kč}$$

**Celkové náklady na výrobu dané součásti  $N_A$  [Kč]**

$$N_A = N_{MS} + N_{SC} = 44\,037 + 145\,920 = 189\,957 \text{ Kč}$$

Prodejní cena 1 ks dané části přívěsu by byla **264 040,23 Kč**. [15]



Obr. 26. Část přívěsu

## 7 Závěr

Výroba ocelových přívěsů je složitý proces, na jehož konci je výrobek, který musí splňovat požadavky dané technickými předpisy, nebo požadavky zákazníka uvedenými v kontraktu. Výrobce musí zajistit, že výrobek splňuje všechny jakostní a bezpečnostní požadavky.

Ke konečné fázi výroby ocelových přívěsů se nejčastěji používá svařování metodou MIG/MAG, která je uváděna jako zvláštní proces, protože nelze následným monitorováním nebo měřením ověřit požadovanou kvalitu produktu. Jedná se o proces, kdy se nedostatky projeví většinou až při používání produktu. Kvalita svaru proto musí být zajišťována v průběhu výroby, nikoliv zkoušením hotového výrobku. Aby svařované výrobky byly kvalitní, bezpečné a funkční, musí se dbát na potřebnou kontrolu již při navrhování výrobku, přezkoumání návrhu, výběru materiálu, personálním zabezpečení, výrobě (výrobní postupy atd.), následné zkoušce jakosti svarů, výrobního zařízení a měřidel.

V rámci bakalářské práce bylo řešeno:

- Návrh technologie výroby přívěsu z daných materiálů. Některé části přívěsu byly dodané zákazníkem, zbývající části se musely vyrobit na frézce, laseru, pásové pile, jednovřetenové vrtačce nebo ohraňovacím lisu. Na konci se pak nechali svařit do jednoho celku.
- Výrobní cena jednoho kusu části přívěsu byla vypočítána na 189 957 Kč.
- Byla navržena technologie na výrobu části přívěsu. Přičemž výrobní časy na laseru, ohraňovacím lisu, pásové pile, jednovřetenové vrtačce a frézce se nedají zkrátit. Důvodem můžou být použité nástroje, nebo tloušťka materiálu. Výrobní čas lze zkrátit při svařování. Při navýšení pracovních sil lze pak zkrátit výrobní čas a tudíž vyrobit více přívěsů.

Závěrem zbývá uvést, že cena dané části přívěsu je především z důvodů vysokých pořizovacích nákladů a poměrně drahému provozu obráběcích strojů poměrně vysoká. Uvedené je však vyváženo možnostmi, které nám v dnešní době umožní provádět činnosti pomocí různých moderních strojů. Ty nám zkracují pracovní čas, který lze využít efektivněji k jiným činnostem.

## 8 Seznam použitých zdrojů

- [1] Laserové řezání [online]. 2009. vyd. [cit. 2013-04-26]. ISBN 16-17-83-84. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/16-17-83-84.pdf>
- [2] Laser. In: Wikipedia [online]. Česká republika: Wikimedia Foundation, 2011-2013 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser>
- [3] Obrábění laserem. [online]. 2012 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://technik.ihned.cz/c1-57339360-obrabeni-laserem-princip-a-uziti-u-ocle-a-jinych-kovu>
- [4] ŘASA, Jaroslav; KEREČANINOVÁ, Zuzana. Nekonenční metody obrábění. [online]. 2008, č. 5 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonecni-metody-obrabeni-5-dil.html>
- [5] AMADA laser [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.amada.sk/documents/produkt-26-fo-m2-3015-nt-en.pdf>
- [6] STEMOM- TECH S.R.O. Ohraňovací lis HFE M2 50/20 [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://stemotech.rtrk.cz/?scid=34606&kw=8283449>
- [7] Ohýbačka: Ohraňovací lis. In: Wikipedia [online]. Česká republika, 2009-2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ohýbačka>
- [8] EN 10 025-2. Plechy. Union ocel. Dostupné z: [http://www.unionocel.cz/files/download/norma\\_s/unionocel\\_big-new\\_cz.pdf](http://www.unionocel.cz/files/download/norma_s/unionocel_big-new_cz.pdf)
- [9] Katalog pásové oceli [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: [http://www.valcovna-nh.cz/download/cz/katalog\\_cz.pdf](http://www.valcovna-nh.cz/download/cz/katalog_cz.pdf)
- [10] ESAB: Přídavné svařovací materiály [online]. 2011 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: [http://bcz.vamberk.eu/CD\\_CZ\\_5\\_2011/pages/1\\_svarovaci.html](http://bcz.vamberk.eu/CD_CZ_5_2011/pages/1_svarovaci.html)
- [11] ESAB: Přídavné svařovací materiály [online]. 2011 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: [http://bcz.vamberk.eu/CD\\_CZ\\_5\\_2011/PDF/1\\_pridavne\\_svarovaci/I3/OK\\_AUTROD\\_1220.pdf](http://bcz.vamberk.eu/CD_CZ_5_2011/PDF/1_pridavne_svarovaci/I3/OK_AUTROD_1220.pdf)
- [12] LEINVEBER, Jan, ŘASA, Jaroslav a VÁVRA, Pavel. Strojírenské tabulky: Svarové plochy. Třetí. Praha 6: Scientia s.r.o., 2000. ISBN 80-7183-164-6.



- [13] ISCAR: Nástroje pro obrábění kovů [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z:  
<http://www.iscar.cz/index.aspx/CountryId/6>
- [14] PILANA Metal s.r.o.: Pásová pila na kov [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z:  
<http://www.pasova-pila-na-kov.cz/1/strojni-pily/23/Pasova-pila-na-kov-PMS-300450-HAD>
- [15] KOLKOP, David. Technologie řezání laserem. Brno, 2010. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně
- [16] Markagro: Úhlový svěrák [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z:  
<http://markagro.cz/eshop/>

## 9 Seznam příloh

Příloha 1	Podélník levý a pravý
Příloha 2	Přední deska
Příloha 3	Sestava č. 1 pro podpůrnou nohu
Příloha 4	Sestava č. 2 pro podpůrnou nohu
Příloha 5	Trubka
Příloha 6	Jekl s výřezy
Příloha 7	Jekl na kliku
Příloha 8	Sestava č. 3 pro podpůrnou nohu
Příloha 9	Celková sestava podpůrné nohy
Příloha 10	Držák na odrazky a světla
Příloha 11	Vazba
Příloha 12	Profil k zpevnění vazby
Příloha 13	Držák E-Rad
Příloha 14	Podélný profil k výztuži podélníků
Příloha 15	příčný profil k zpevnění podélného profilu
Příloha 16	Dorazové komponenty
Příloha 17	Podélník na obdélníkovém profilu
Příloha 18	Tažné zařízení (obdélníkový profil, držák tažného zařízení)
Příloha 19	Sestava tažného zařízení
Příloha 20	Držák WZK
Příloha 21	Sestava přívěsu